

目の光のゆらぎがもたらすぬいぐるみの生き物らしさ

中井 優理子^{†1} 岡崎 龍太^{†1†2} 蜂須 拓^{†1†2} 佐藤 未知^{†1†2} 梶本 裕之^{†1†3}

概要: ぬいぐるみに生き物らしさを付与する提案の多くは、ぬいぐるみに音声や手足および眼球の動き、呼吸や心拍に伴う動き等を付与するものであった。しかしこうした機能は不完全に実現するとかえって実在の生物との差分を際立たせ、その結果ぬいぐるみに対する没入感を損なう危険があった。そこで我々は実在の生物との差分が際立たない「控えめ」な動きの提示によってぬいぐるみに生き物らしさを付与する構成のひとつとして、目の表面の涙によって生じる光のゆらぎを表現する手法を提案してきた。今回は生き物らしさをより強く感じる光のゆらぎ方を調査するため、振幅と周波数の異なる複数のゆらぎを比較した。

Effect on Lifelike Appearance Level of Stuffed-toy by Micro Movement of Reflected Light on Eyes

YURIKO NAKAI^{†1} RYUTA OKAZAKI^{†1†2} TAKU HACHISU^{†1†2}
MICHI SATO^{†1†2} HIROYUKI KAJIMOTO^{†1†3}

Abstract: While there are many proposals of enriching liveliness of stuffed-toys by additional functions such as voice, movement of arms and legs or breath and heartbeat, these functions have the risk of letting users finding the imperfectness of the motions, thus damaging the liveliness. This research aims to enchant stuffed-toys with subtle movement, and we have proposed a method of expressing micro movement of reflected light on eyes surfaces. In this paper, we investigated optimal frequency and amplitude of the micro movement suitable for the lifelike appearance of stuffed-toy.

1. はじめに

ぬいぐるみはふわふわとした触感や愛らしさで多くの人々を魅了してきた。ぬいぐるみに対し、人は愛着行動として、撫でる、見つめる、話しかける、抱きしめるといった振る舞いを見せる。これは人々が愛着行動へのフィードバック、すなわち、ぬいぐるみとのインタラクションを求めているためであると考えられる。一方で、ぬいぐるみは布の中に詰め物をして整形しただけの玩具であるため、ぬいぐるみからのフィードバックはない。これに対して、ぬいぐるみに機械的な装置を内蔵することで人々の愛着行動に対し音声や動作をフィードバックする機能を付加し、人とぬいぐるみとのインタラクションを実現する提案が数多くなされてきた。

しかし機械的な装置を内蔵したぬいぐるみ（以下、ぬいぐるみロボットと呼ぶ）は動かないぬいぐるみと比較し、飽きが早いというのが実情である。我々はその理由は次の2点にあると考えた。第一にぬいぐるみロボットは人々を満足させる程のインタラクションのパターン数を満たしていないという点である。第二にぬいぐるみの「生き物らしさ」は不完全な動きによってすぐに崩壊してしまうという点である。動かないぬいぐるみは動かないことが前提であるた

め、それを約束事としてユーザの脳内で補完させている。一方で、ぬいぐるみロボットは音声や動きを伴うことで、かえってこの約束事を揺るがし、ぬいぐるみロボットと実際の生き物との差分を際立たせてしまう。

そこで我々はぬいぐるみに「生き物らしさ」を付与しながらも、ぬいぐるみが動かないという約束事を破らない手法として、ぬいぐるみの目に光のゆらぎを付与するという新たな手法を提案してきた。実際の生き物とぬいぐるみとの差異のひとつとして目の表面の涙による光のゆらぎがあるが、その動きは微小である。そのため目の光のゆらぎを付与するという手法は、身体の動きや音声を付与する「大きな動き」を用いる手法と比較し、実際の生き物との差異を知覚させることなく視覚的なフィードバックを行うことが出来、ぬいぐるみの約束事を維持しつつアイコンタクトなど自然なインタラクションを実現できる可能性がある。

本報告では、ぬいぐるみの目の光をゆらがせることがぬいぐるみへの生き物らしさの付与に寄与することを確認するとともに、生き物らしさの付与に適したゆらがせ方を調査した。

2. 先行事例

ぬいぐるみから音声や動きをフィードバックしインタラクションを図った提案として、Walter らによる“The Huggable”が挙げられる¹⁾。“The Huggable”は人の触行動に対して振り返る、喉を鳴らすといった反応をするインタラクティブなぬいぐるみロボットである。ユーザの触行動に加え、Shibata らは人からかけられる言葉にも反応して動

^{†1} 電気通信大学
The University of Electro-Communications

^{†2} 日本学術振興会特別研究員
JSPS Research Fellow

^{†3} 科学技術振興機構さきがけ
Japan Science and Technology Agency

くアザラシ型ロボット「パロ」を²⁾、タカラトミーは人の問いかけに対する独自言語による返答や目や身体の運動をするコミュニケーション・トイ「ファービー」を³⁾、富士通はユーザの表情および動作にも対応し鳴き声や動きなど300の振る舞いをする高性能デディベア・ロボットを開発した⁴⁾。またMIT Media LabとStan Winston Studioが共同開発したソーシャルインテリジェントロボット“Leonardo”は69自由度の可動部(内、32個は顔に内蔵)を持ち、非常に滑らかな動きによる反応を実現している⁵⁾。高瀬らはぬいぐるみの音声や動きのみでなく触れたときの柔らかさも重視し、柔らかさを保ちつつ自発的に動くことが可能なぬいぐるみロボットを開発した⁶⁾。Yanakaらの“ZZZoo Pillows”は呼吸や体温、いびき、心拍に伴う動きによるインタラクションを実現した⁷⁾。Yonezawaらはアイコンタクトに着目し、人とぬいぐるみとの視線コミュニケーションシステムを提案している⁸⁾。

また、生き物らしさの表現に関してもいくつか提案がされている。中田は風船や振動モータなどをぬいぐるみに内蔵し、呼吸・鼓動運動を付加することで「動物らしさ感」(我々の考える生き物らしさと等しい)を演出した⁹⁾。植木らは周囲の様子を察知し呼吸しているように見える照明器具“Tabby”を¹⁰⁾、橋本らはスピーカの振動を用いた「生物感提示装置」を開発した¹¹⁾。SonyのエンターテインメントロボットAIBO ERS-7M3は背中に内蔵したLEDから筐体内部を透かしてみせる光を発することで生き物らしさを表現している¹²⁾。もちろん動物のみならず人間も人間らしさという形で生き物らしさを持ち合わせている。港らはアンドロイドの顔を人間に酷似させることでアンドロイドに人間らしさをもたらした¹³⁾。その際アンドロイドのまばたき動作が人間らしい印象を与えた可能性を示唆しており、まばたきが人のアンドロイドに対する好印象形成に強い影響を与えたと報告している。このような事実から、目は生き物らしさを表現するための重要な役割を果たしていることがわかる。上記の他に目を使って生き物らしさを演出した例としては、クワクボリョウタのニコダマが挙げられる¹⁴⁾。ニコダマは瞬きをする2対の目玉をあらゆるものに貼りつけることで、ものを生き物のように見せている。さらに目は、感情を伝えるというコミュニケーションにおいて重要な役割も果たす。感情を伝える部位としては目以外にも口や眉が挙げられるが、特に日本人に関しては目から感情を読み取りやすいという報告がされている¹⁵⁾。OsawaはAgencyGlassにより目による感情表現を行い、感情労働の代替を行っている¹⁶⁾。

我々も生き物らしさを演出するため目に着目した。前報ではぬいぐるみの目に光のゆらぎを付与するという新たな手法を提案した¹⁷⁾。目の表面の涙によってもたらされる光のゆらぎは実際の生き物とぬいぐるみの差異のひとつである。涙の揺らぎは微小な動きでありながら、鏡面反射に

より拡大され人に知覚させやすい。

そこで実際に水中の気泡と振動子を用いるだけの簡易な手法で目の光のゆらぎを実装し、デモ展示において体験者から得られたコメントにより目の光がゆらぐことによる効果を検証した。しかし体験者がぬいぐるみの目を見る角度が一定でなく見え方に差があったこともあり、安定した結果を得られなかった。

そこで今回は統制された条件下で、目に光のゆらぎを付与することがぬいぐるみへの生き物らしさの付与に寄与することを確認するとともに、生き物らしさの知覚をより強くするため、最適な目の光のゆらぎ方を調査した。

3. 評価

3.1 実験概要

周囲の環境光やぬいぐるみを見る角度など、実験条件を統制することを重視し、実験には実物の2体のクマのぬいぐるみではなく、液晶ディスプレイに映した2体のクマのぬいぐるみの写真を使用した。2体のぬいぐるみの目の光を、異なる振幅および周波数でゆらして被験者に比較させ、左右のぬいぐるみの「どちらが『本当に』生きているように感じますか?」という質問に回答させた。

3.2 被験者

研究室内の4名(全員男性、22~26歳、平均23.25歳)を被験者とし実験を行った。全員視力に異常はなかった。

3.3 実験セットアップ

実験では1545pixel×682pixelのクマのぬいぐるみの写真を液晶ディスプレイ(HPw2448hc, Hewlett Packard製、画素ピッチ0.270mm)に表示した。画素ピッチから写真のサイズは417.15mm×184.14mmとなる。本研究は最終的には実際のぬいぐるみの目の光のゆらぎに適用することを目的としているため、以降はpixelではなく、mmで表記する。統合開発環境Microsoft Visual Studio 2010でコンピュータゲーム開発用ライブラリであるDXライブラリを使用し、写真を2つ、図1のように左右に配置した。この2体のぬいぐるみの目を黒く塗りつぶした写真の上に、実際の写真から目の光部分のみを切り抜いた写真(図2、左:左目(縦幅1.35mm、横幅1.08mm)、右:右目(縦幅1.08mm、横幅0.81mm))を左右にゆらがせることで生成した。ぬいぐるみの黒目の大きさは左目が11.6mm×8.6mm、右目が10.3mm×8.9mmであった。目の揺らぎのパターンは周波数3種類(3, 6, 12Hz)×振幅3種類(0.081, 0.162, 0.324mm)の9種類と、周波数0Hz・振幅0mm(静止条件)の10種類を用意した。小数ピクセルの振幅はバイリニア補完で中間色を表示させることで生成した。

被験者には顎台に顎を載せるよう指示し、目の位置を液晶ディスプレイから約42cmの位置に固定した。液晶ディ

スプレイの設定は、画像の解像度 1920×1200、輝度 80cd/m²、画面のリフレッシュレート 60Hz、色は TrueColor32 ビットとした。また周囲の音が実験に支障をきたすことを避けるため、被験者にはノイズキャンセリングヘッドフォンを着用させた。なお、ヘッドフォンからは音を再生しなかった。

また外光がディスプレイに映り込み、評価に影響を及ぼすことを防ぐため、被験者にはディスプレイごと暗幕を被せた。暗幕は実験を開始する前にディスプレイにかからないように、かつ、外光がディスプレイにかからないように被験者に調整させた。図 3 は実験中の様子であり、図 4 は暗幕の中の様子である。

左右 2 体のクマを比較し、回答させる際にはキーボードを使用した。暗幕でディスプレイ以外の視界が暗くなっているため、誤った入力をしていないよう、使用したキーにポリウレタン樹脂のクッションパット(クッションパット 90S (両面テープ入り), 株式会社エクシールコーポレーション製, サイズ 95mm×95mm×厚さ 4mm)を約 9.5mm×9.5mm に切断したものをつけた。



図 3 実験中の様子

Figure 3 Experiment setup



図 1 実験に用いた写真

Figure 1 Picture used to experiments



図 2 切り抜いた目の光(左:右目, 右:左目)

Figure 2 Reflected light on eyes trimmed by eyes
(Left: The right eye, Right: The left eye)



図 4 暗幕を取り除いた様子

Figure 4 Inside of a black curtain at the experiment

3.4 実験手順

被験者にノイズキャンセリングヘッドフォンを着用させ、顎を顎台に乗せさせ、暗幕の調整を終わらせた後、被験者に実験プログラムを起動させた。実験用のウインドウのみが表示されている状態にさせた。

実験プログラムでは液晶ディスプレイに各ぬいぐるみの写真を 6 秒間映出し、その直後に「どちらが『本当に』生きているように感じますか?」という質問に対して、左右の矢印キーで選択させた。回答を誤入力した場合は問題番号(回答する際のコンソール画面に表示)を申告するよう指示した(結局全実験において誤入力の報告はなかった)。

実験では異なるパターンで目の光が揺らぐぬいぐるみの写真 10 種類をランダムな順番で比較した。左右の画像の組

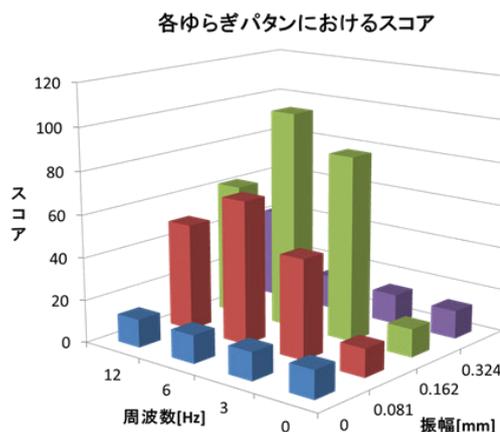
み合わせ10通り×9通り=90通り全てに対して1回ずつ比較を行った。各試行が終わるごとに暗幕を開け、約3分の休憩時間を挟み、合計4回繰り返した(合計360試行)。

3.5 実験結果

実験結果を図5、図6、図7に示す。得られる実験データは各比較対における選択率となるが、これに対してBradley-Terry model¹⁸⁾を使用してスコアリングした。図5は周波数と振幅の組み合わせ、すなわち各ゆらぎパタンのスコアをまとめたグラフである。図6は周波数に関してのみ比較したグラフ、図7は振幅に関してのみ比較したグラフである。なお、図6および図7のエラーバーは各スコアの最大値および最小値を示す。

まず、図5の結果より、目の光がゆらがぬいぐるみのスコアが最も低い値を示していることがわかる。よって、ぬいぐるみの目の上の光をゆらがせることが、ぬいぐるみへの生き物らしさの付与に寄与することが確認できた。また、今回実験したゆらぎ方の中では周波数6Hz、振幅0.162mmが最も生き物らしさの付与に適していることがわかった。さらに周波数のみで比較した場合も6Hzのスコアが最も高く(図6)、振幅のみで比較した場合も0.162mmのスコアが最も高いことがわかった(図7)。さらに、図6と図7を比較すると、周波数変化よりも振幅変化の方が生き物らしさに及ぼす影響が大きい可能性が示唆された。

また図5の表の対角線上(=目のゆらぐ速度が同じセル)にハイスコアが集中する傾向は見受けられないため、今回の結果からは生き物らしさの評価に目の光のゆらぐ速度は寄与しておらず、振幅と周期が独立に寄与していると考えられる。



		周波数[Hz]			
		0.000	3.000	6.000	12.000
振幅 [mm]	0.000	13.178	13.178	13.178	13.178
	0.081	13.178	46.583	67.127	50.293
	0.162	13.178	86.282	101.822	62.279
	0.324	13.178	14.121	15.844	42.470

図5 各ゆらぎパターンにおけるスコア

Figure 5 Scores about each wavering pattern

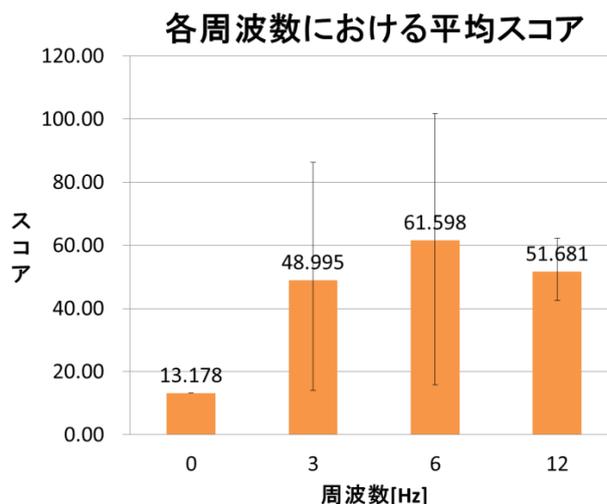


図6 各周波数における平均スコア

Figure 6 Average scores about each frequency

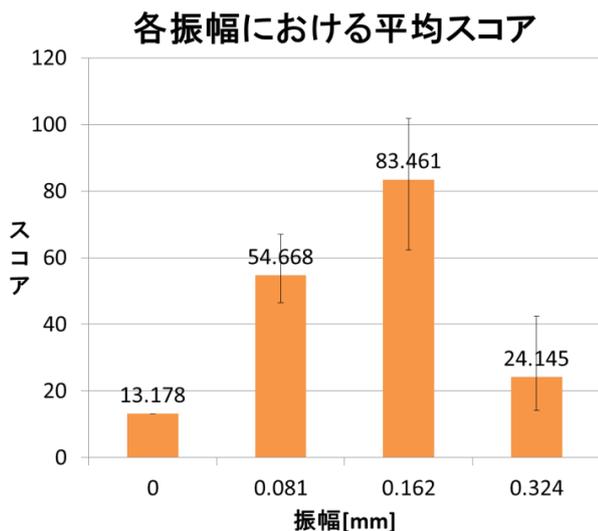


図 7 各振幅におけるスコア

Figure 7 Average scores about each amplitude

4. おわりに

本研究ではぬいぐるみの目の光を揺らさせることにより、ぬいぐるみの見かけの生き物らしさが向上することを確認した。さらに今回の実験セットアップ（黒目の横幅が 8.64mm, 8.91mm, 目の光の横幅が 1.35mm, 1.08mm の場合）では周波数 6Hz, 振幅 0.162mm の場合に最も生き物らしさが強まることがわかった。また、周波数毎のスコアと振幅毎のスコアを比較すると、振幅の変化の方がぬいぐるみの生き物らしさに与える影響が大きいと考えられた。

生き物らしさの評価に目の光の揺らぎの周波数および振幅は寄与するが、周波数と振幅の組み合わせである速度は寄与するとは言えなかった。ただ生き物らしさの向上に寄与するパラメータとしては、他にも黒目の大きさと目の光の大きさと振幅の比率などが寄与している可能性も考えられる。今後は被験者と振幅や周波数および、目や目の光の大きさなどのパラメータをさらに増やして実験を行い、生き物らしさを生み出す目の光のゆらぎ方の規則性を見出し、実際にぬいぐるみの目に適用していきたい。

参考文献

- 1) Stiehl, W. D., Breazeal, C., Han, KH., Lieberman, J., Lalla, L., Maymin, Allan., Salinas, J., Fuentes, D., Toscano, R., Tong, C, H., Kishore, A., Berlin, M. and Gray, J.: The huggable: a therapeutic robotic companion for relational, affective touch., ACM SIGGRAPH 2006 emerging technologies. ACM (2006).
- 2) Wada, K., Shibata, T., Musha, T. and Kimura, S.: Robot therapy for elders affected by dementia, Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE 27.4, pp.53-60 (2008).
- 3) タカラトミー 商品情報 ファービー
<http://www.takaratomy.co.jp/products/furby/index.php>
- 4) GIZMODE [#CEATEC] これは癒される！人に優しいこぐま型ソーシャルロボット～富士通
http://www.gizmodo.jp/2010/10/_ceatec_robot_social.html
- 5) MIT Media Lab Personal Robots Group Leonardo
<http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/leonardo/overview/overview.html>
- 6) 高瀬裕, 山下洋平, 石川達也, 椎名美奈, 三武裕玄, 長谷川晶一: 多様な身体動作が可能な芯まで柔らかいぬいぐるみロボット (<特集> アート & エンタテインメント 3). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 18.3: 327-336 (2013)..
- 7) Yanaka, S., Kosaka, T. and Hattori, M.: ZZZoo pillows: sense of sleeping alongside somebody. In: SIGGRAPH Asia 2013 Emerging Technologies. ACM, pp.17 (2013).
- 8) Yonezawa, T., Yamazoe, H., Utsumi, A., and Abe, S.: Gaze-communicative behavior of stuffed-toy robot with joint attention and eye contact based on ambient gaze-tracking. In Proceedings of the 9th international conference on Multimodal interfaces, ACM, pp. 140-145 (2007).
- 9) 中田亨: ペット動物の対人心理作用のロボットにおける構築, 東京大学大学院工学系研究科博士課程先端学際工学専攻博士論文 (2001)
- 10) Ueki, A., Kamata, M., and Inakage, M.: Tabby: designing of coexisting entertainment content in everyday life by expanding the design of furniture. In Proceedings of the international conference on Advances in computer entertainment technology, ACM, pp.72-78 (2007).
- 11) 橋本悠希, 梶本裕之: 生物感提示装置, 情報処理学会インタラクティブ (2008).
- 12) Sony AIBO ERS-7M3
<http://www.sony.jp/products/Consumer/aibo/products/ers7m3/design.html>
- 13) 港隆史, 石黒浩: アンドロイドの顔における人間らしさ (顔を見る, 顔を思う, 顔をつくる-顔知覚研究の行方-, 2005 年度 第 2 回フォーラム). 基礎心理学研究, 25.1, pp.96-102 (2006).
- 14) クワクポリョウタ: Media Art for Bootstrapping, The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers, 65.1: pp.59-63 (2011).
- 15) Yuki, M., Maddux, WW. and Masuda, T.: Are the windows to the soul the same in the East and West? Cultural differences in using the eyes and mouth as cues to recognize emotions in Japan and the United States. Journal of Experimental Social Psychology 43.2, pp.303-311 (2007).
- 16) Osawa, H.: Emotional cyborg: human extension with agency for emotional labor. In Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction, ACM, pp.108-108 (2014).
- 17) 中井優理子, 岡崎龍太, 蜂須拓, 佐藤未知, 梶本裕之: 鏡面反射を利用した目がゆらぐぬいぐるみに関する研究, エンターテインメントコンピューティング(2014).
- 18) Bradley RA, Terry ME.: Rank analysis of incomplete block designs I. The Method of paired comparisons. Biometrika 39: p.324-45 (1952).